

基于生态足迹方法的西安市可持续发展研究

高全成,徐经贵,邹 博

(西安财经学院 经济学院,陕西 西安 710061)

摘 要:为给西安市的可持续发展提供可行的理论依据,基于生态足迹模型,利用《西安市统计年鉴》等统计资料中的数据对西安市2003~2010年的生态足迹需求量与供给量进行了计算与分析。分析认为:近年来,由于城市化进程加快、经济快速增长、消费水平提高,西安市生态足迹需求量的上升且生态赤字逐年增大、经济不可持续发展,因此重视生态环境与经济协调发展的协调,将有利于西安市经济更好、更快的发展。

关键词:西安市;生态足迹需求量;生态足迹供给量;生态赤字

中图分类号:F062.9

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2012)03-0060-05

生态足迹的概念由 William Rees 于 1992 年提出,并由他的学生 Mathis Wackernagel 完善其内容和方法。生态足迹模型可以应用于不同空间尺度的很多领域,例如中国木材进口^[1]、以色列谷物供给^[2]、产品生命周期评估等^[3]。1999 年,中国引入了生态足迹分析理论,且很快作为一种新的理论研究方法,常常被用来分析研究中国的一些省市及地区的可持续发展态势。生态足迹模型是一种工具,也是一种计算框架,即一种计算人类的生态消费、生态可持续性的测量工具和对国家或地区的自然资产进行核算的一种廉价且快速的计算框架。生态足迹模型的观点是把人类对资源和环境的利用换算成对土地和水域面积的占用,反映的是资源消耗和废物吸收所需要的生产性土地面积^[4]。生态足迹模型试着从一个全新的角度去考虑人类的发展以及人类与生态环境的关系,由于其具有科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系^[5],因此,生态足迹概念一经提出,就得到国内外学者的广泛关注。

西安市地处关中平原中部,属于温带半湿润季

风气候,雨量适中,四季分明。年最高气温 40℃左右,最低温度 -8℃左右,年平均气温 13.6℃,无霜期平均 219~233 d;辖区总面积 9 983 km²,其中市区面积 3 782 km²,建城区面积约 600 km²。

西安市是亚欧大陆桥的心脏、西北地区的门户,是国务院批准的第三个国际化大都市,人口密度大、经济体量大且发展快,随着西安咸阳一体化建设进程的加快,建城区面积将达到 1 000 km²,常住人口加上流动人口将达到 2 000 万人左右,生态环境的压力会不断加大。

利用生态足迹模型对西安市生态足迹的需求与供给进行计算和分析,可以了解西安市生态经济系统的现状以及预测未来的发展态势,可以判定其发展是否具有可持续性,也可以为西安市的经济发展和生态环境建设提供科学的依据。

一、分析模型与计算方法

生态足迹模型的计算分析基于 2 个基本假设:

收稿日期:2012-05-12

基金项目:陕西省软科学研究计划项目(2008KR119)

作者简介:高全成(1957-),男,河南孟津人,教授。

(1) 人类自身消费的绝大多数资源和能源以及所产生的废弃物的数量都是可以确定的。

(2) 消费了的资源以及所产生的废弃物是能够折算成生产和吸纳它们的生物生产土地的面积的。

一般来说,地区总的生态足迹需求量可用式(1)表示

$$E_F = Ne_t = N \sum_{i=1}^n a_i = N \sum_{i=1}^n (c_i/p_i) \quad (1)$$

式中: E_F 为总的生态足迹需求量; N 为总人口数; e_t 为人均生态足迹; a_i 为 i 种物质人均占用的生物生产土地面积; c_i 为 i 种物质的人均消费量; p_i 为 i 种物质的世界平均生产力即全球平均产量; $i = 1, 2, \dots, n, n$ 为物质的数量。

本文中,生物生产土地面积分为 6 大类:耕地、草地、林地、水域、建筑用地以及化石能源用地。由于这 6 大类生物生产土地面积的生产能力差异非常大,因此计算出的各类生物生产土地面积不能直接相加,必须在每类生物生产土地面积前乘以一个相应的均衡因子,将其转化为统一且可比较的生物生产土地面积。目前采用林地和化石能源用地、耕地和建筑用地、草地、水域的均衡因子分别为 1.10、2.80、0.50、0.20。因此,在计算人均生态足迹需求量时,需将各类生物生产土地面积乘以相应的均衡因子,可表示为

$$e_t = \sum_{j=1}^6 r_j A_j \quad (2)$$

式中: r_j 为均衡因子; A_j 为耕地、林地、草地、化石能源用地、水域、建筑用地的生物生产土地面积。

生态足迹供给量是指一个区域实际提供给人类的所有生物生产土地面积(包括水域)的总和。该定义实现了用同一指标——生物生产土地面积来表示,使生态足迹具有可比性。

人均生态足迹供给量的计算公式为

$$e_c = \sum_{j=1}^6 a_j r_j y_j \quad (3)$$

式中: e_c 为人均生态足迹供给量; a_j 为实际人均占有的 j 类生物生产土地面积; y_j 为产量因子(一个国家或地区某类生物生产土地的平均生产力与同类土地的世界平均生产力比率)。本文采用林地、化石能源用地、耕地和建筑用地、草地、水域的产量因子分别为 0.88、0.149、1.1、0.2。

生态赤字的计算公式为

$$W = E_F - E_c \quad (4)$$

式中: W 为生态赤字; E_c 为总的生态足迹供给量。

如果一个区域的生态足迹需求量超过了这个区

域所能提供的生态足迹供给量,就会出现生态赤字($E_F > E_c$),它代表区域生态处于不可持续状态;如果小于区域的生态足迹供给量,则表现为生态盈余($E_F < E_c$),它代表被研究区域的生态处于可持续发展的状态;若 $E_F = E_c$,则生态平衡^[6]。

有的生态赤字的计算公式为

$$V = S - C \quad (5)$$

式中: V 为人均生态盈余; S 为人均生态容量; C 为人均生态占用。式(5)用于衡量生态盈余状况,也具有同样的效果^[7]。

二、实证检验

以西安市为例,选用《西安市统计年鉴》、《西安市土地规划年鉴》、世界粮农组织(FAO)数据库中的自然资源数据、生产与消费数据、土地利用数据等,对西安市的生态足迹需求量和供给量进行计算,并选用生态足迹理论模型对西安市可持续发展状况进行定量评价,结合当地的实际情况提出了消除生态赤字的途径和方法,希望能够为西安经济环境的可持续发展提供可行的理论依据。其中能源账户的计算是将能源消费所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积,采用世界上单位化石能源生产土地面积的平均发热量为标准。西安市 2003 ~ 2010 年人均生态需求量,见表 1。

由表 1 可看出,西安市人均生态足迹从 2003 ~ 2010 年呈现逐年递增趋势。西安市人均生态足迹需求量在 2003 ~ 2006 年的增长趋势非常明显,而在 2006 年以后增长趋势有所放缓,出现这种情况是因为 2003 ~ 2006 年西安市的化石能源土地和建筑用地的人均生态足迹需求量都逐年递增,且需求量增长幅度均比较大。由表 1 还可看出:除了化石能源用地和建筑用地的生态足迹需求量逐年递增的趋势较为明显外,其余 4 类土地的人均生态足迹需求量增长幅度并不大;化石能源用地和耕地用地在总的人均生态足迹需求量中的比例分别占第一和第二,因此可以说它们年变化趋势对于总的人均生态足迹变化趋势影响最大;水域在 2006 年以后呈下降趋势。

表 2 为西安市 2003 ~ 2010 年人均生态足迹供给量。由表 2 可以看出,各类型生物生产土地面积的生态供给量在 2003 ~ 2010 年呈微弱的递减趋势。各类型土地的生态供给量所占比例大小变动范围均比较小,所占比例从大到小依次为建筑用地、耕地、

表 1 西安市 2003 ~ 2010 年人均生态足迹需求量 hm²/人

年 份		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
人均生态足迹需求量	耕地	0.290 205	0.316 700	0.326 192	0.303 482	0.296 059	0.330 236	0.335 537	0.337 465
	草地	0.224 683	0.232 412	0.240 761	0.179 354	0.174 267	0.195 316	0.206 606	0.215 655
	林地	0.003 275	0.003 903	0.004 227	0.004 487	0.004 838	0.005 674	0.006 174	0.006 541
	水域	0.009 624	0.009 512	0.008 368	0.010 989	0.010 829	0.010 592	0.010 592	0.010 448
	建筑用地	0.010 025	0.022 790	0.023 921	0.034 568	0.038 061	0.041 188	0.047 538	0.055 152
	化石能源用地	0.775 460	0.910 790	1.068 350	1.523 670	1.576 840	1.645 690	1.834 460	2.005 150
	总计	1.313 272	1.496 107	1.671 819	2.056 550	2.100 894	2.228 696	2.440 907	2.630 411

注:数据来源于 2004 ~ 2011 年《西安市统计年鉴》。

表 2 西安市 2003 ~ 2010 年人均生态足迹供给量 hm²/人

年 份		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
人均生态足迹供给量	耕地	0.201 010	0.197 925	0.192 733	0.189 101	0.185 635	0.182 998	0.180 185	0.177 053
	林地	0.064 461	0.063 774	0.062 398	0.061 515	0.606 780	0.601 040	0.059 466	0.058 715
	草地	0.001 723	0.001 716	0.001 690	0.001 677	0.001 665	0.001 660	0.001 653	0.001 643
	水域	0.000 496	0.000 491	0.000 483	0.000 476	0.000 469	0.000 461	0.000 454	0.000 448
	建筑用地	0.589 974	0.583 309	0.570 351	0.561 920	0.553 919	0.548 324	0.542 154	0.534 968
	化石能源用地	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
	生物多样性土地面积	0.102 920	0.101 607	0.099 261	0.097 706	0.096 227	0.095 170	0.094 015	0.092 739
	总计(扣除 12% 的生物多样性土地面积)	0.754 744	0.745 117	0.727 911	0.716 507	0.705 665	0.697 916	0.689 442	0.680 087

注:数据来源于 2004 ~ 2011 年《西安市国土规划年鉴》。

林地、草地、水域和化石能源用地。扣除 12% 的生物多样性土地面积后的各类型土地的最终生态供给量也呈现逐年递减趋势,所占比例最大的仍为建筑用地,2003 年的最终供给量为 0.589 974 hm²/人,到 2010 年降为 0.534 968 hm²/人,下降了约 9.3 个百分点。所占比例最小的为水域,2003 年的最终供给量为 0.000 496 hm²/人,到 2010 年降为 0.000 448 hm²/人,下降了约 9.6 个百分点。可见,不同类型的土地供给量差异较大,且其供给量每年的递减速度

也不同,总的人均生态供给量也呈现逐年递减趋势,在 2007 ~ 2010 年减少幅度较小,其原因可能在于节能减排、生态建设加速等。

根据表 1 和表 2 所计算的人均生态足迹需求量和供给量,再选用式(4)就可计算西安市人均生态赤字,计算结果如表 3 所示(表 3 中应用的生态足迹供给量是扣除了 12% 的生物多样性土地面积的最终生态足迹供给量)。

由表3可以看出,西安市2003 ~ 2010年人均生

表 3 西安市 2003 ~ 2010 年人均生态赤字 hm²/人

年 份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
人均生态赤字	0.558 528	0.750 990	0.943 908	1.340 043	1.395 229	1.530 780	1.751 465	1.950 324

态赤字都是大于 0 的,这表明西安市的生态处于不可持续增长的状态,并且西安市的人均生态赤字逐年增大,从 2003 年的 0.558 528 hm²/人上升到了 2010 年的 1.950 324 hm²/人,是 2003 年的近 3.5 倍,完全可以说明西安市的生态条件朝着恶化、不可持续的方向发展。大多数专家认为,生态赤字大部分可以靠进口来解决,但是西安市地处中国中西部,相对于沿海城市来说,进口是比较困难的,这也就决定了西安市只能依靠消耗自身的自然资源存量来弥补生态赤字。如何使西安市居民的生活水平在不降

低甚至有所提高的前提下,减少生态赤字,提高生态承载力,这是西安市生态建设和经济发展相协调所必须面临的问题。

此外,如果选用西安市人均 GDP、生态赤字为相应的解释变量和被解释变量进行建模,可以检验出一个促使生态赤字增长的综合因素。本文选用以下模型^[8],即

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \tag{5}$$

式中: Y_i 、 x_i 分别为 i 时段的生态赤字和人均 GDP; β_0 为常数; β_1 为系数,若 $\beta_1 > 0$,表明 x_i 对 Y_i 有正向作

用;若 $\beta_1 < 0$, 表明 x_i 对 Y_i 有反向作用; ε_i 为随机误差。利用 2003 ~ 2010 年西安市的人均 GDP 和生态赤字,对西安市的生态足迹需求量和供给量进行了计算与分析,Eviews6.0 软件分析结果见表 4。

表 4 计量模型模拟的检验结果

变量	系数	标准误差	t 统计量	伴随概率
常数	-10.467 370	1.1046 050	-9.476 124	0.000 100
$\ln(x_i)$	1.173 327	0.110 271	10.640 400	0.000 000

另外,笔者通过 Eviews6.0 软件还可以得到其他 5 个重要参数的结果,即判定系数为 0.949 672,调整后的判定系数为 0.941 284,杜宾统计量为 1.539 06, F 统计量为 113.218 2, F 统计量的伴随概率为 0.000 041。

由表 4 可以看出,人均 GDP 取自然对数的系数为 1.173 327,因此有理由相信,在现阶段西安市的人均 GDP 增长对生态赤字有正向作用。2010 年西安市的人均 GDP 为 40 922.22 元,折算成美元为 6 295.72 美元,距离环境库兹涅茨曲线中的拐点(1 万美元)尚有差距,笔者的结论也符合环境库兹涅茨曲线拐点前生态赤字随人均 GDP 的增长而扩大的结论。

三、政策与建议

根据上文对西安市 2003 ~ 2010 年的生态环境现实发展状态的分析,笔者提出以下 3 点建议:

第一,适度控制人口的规模,减轻西安市生态环境压力。近年来,西安市人口激增,在 2003 ~ 2010 年期间总人口逐年递增,由 716.58 万人增加到 792.11 万人,较 2003 年增加约 11 个百分点。人口规模扩大直接导致生态足迹需求总量上升,故减轻生态环境压力,就必须适度控制人口规模,减少对各类资源、能源的消耗总量。

第二,促进循环经济的发展,全面建设“资源节约型、环境友好型”社会。根据循环经济的“3R”原则——减量化、再利用和资源化,实现由“高投入、低产出”的粗放型生产模式向“低投入、高产出”的集约型生产模式转换。通过生态产业园区建设,强化园区内产业循环,减少污染物排放;加强城市生活垃圾和污水的再利用,如城市沼气生产利用研发、城市污水循环再利用研发和工程建设;倡导绿色消费、地毯生活,使西安市居民形成节约意识,反对盲目消费、过度消费和奢侈消费,促使消费与生态环境相互协调。

第三,对土地资源进行合理开发和规划,提高西安市土地生态供给量。随着经济的发展,西安市大量耕地、林地和草地被用于工矿、交通、房屋等建设,致使地表植被破坏、生物生产土地面积下降,最终导致西安市逐年递增的生态需求量与逐年递减的生态供给量矛盾加剧。因此,西安市政府必须加强土地利用规划布局,充分考虑自然资源条件和环境承载能力,合理保护和利用土地、水、能源等重要资源,并通过技术革新,提高各类生物生产土地面积,最终达到提高生态供给量的目的。

四、结 语

在中国经济快速增长的今天,环境问题也日益突出,如何有效地在经济增长的同时来保护环境质量成为了现今的一大难题。本文应用生态足迹模型对西安市近些年来的生态足迹需求量和供给量进行计算与分析,结果表明,由于西安市近年来经济快速增长、城市化进程加快、消费水平的提高,导致生态足迹需求量的上升;在生态足迹供给量基本没有变化的基础上,生态赤字逐年增加,西安市的经济处于不可持续状态。因此,重视生态环境与经济协调,有利于西安市经济更好、更快地发展。

参考文献:

[1] Ying N, Chun Y J, Hong Q Y. The forest ecological footprint distribution of Chinese log imports[J]. Forest Policy and Economics, 2010, 12(3): 231-235.

[2] Kissinger M, Gottlieb D. Place oriented ecological footprint analysis: the case of Israel's grain supply[J]. Ecological Economics, 2010, 69(8): 1639-1645.

[3] Huijbregts M A, Hellweg S, Frischknecht R, et al. Ecological footprints accounting in the life cycle assessment of products[J]. Ecological Economics, 2008, 64(4): 798-807.

[4] 徐玉霞. 基于生态足迹的宝鸡市土地生态承载力评价[J]. 江西农业学报, 2010, 22(4): 102-106, 110.

[5] 张秋花, 薛惠锋, 寇晓东, 等. 西安市 2004 年生态足迹分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(10): 110-114.

[6] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000(10): 8-10.

[7] 杨学义, 丁德科, 高全成, 等. 西北部产业结构生态化建设研究[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2009.

[8] 周 巧, 向书坚. 中国 2001 ~ 2007 年间生态足迹的动

Study of Xi'an sustainable development based on ecological footprint method

GAO Quan-cheng, XU Jing-gui, ZOU Bo

(School of Economics, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710061, Shaanxi, China)

Abstract: In order to provide practical and theoretical basis for the sustainable development of Xi'an, this paper, on the basis of ecological footprint model, conducts computation and analysis for the ecological footprint demand and supply of Xi'an from 2003 to 2010 with the data from *Xi'an statistical yearbook*. The analysis shows that as the progress of urbanization has been sped up, the economy has been increased more quickly and the consumption levels has been raised, there is a rapid rise of the ecological footprint demand and the ecological deficit in Xi'an. Therefore, the more attention to the coordination between the ecological environment and economic development will be beneficial to the economy and society in the city.

Key words: Xi'an; ecological footprint demand; ecological footprint supply; ecological deficit

(上接第 41 页)

Layout optimization model of hub system based on distribution utility and transportation integration

PENG Hui, ZHAO Jian-hua, JIN Zhao-yang

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: This paper analyzes the recuperative interaction mechanism between comprehensive transportation hub planning and comprehensive transportation networks planning and proposes the layout optimization concept led by distribution nodes city. The layout optimization model of comprehensive transportation hubs is constructed by taking comprehensive distribution and connecting time as object, which is mixed integer optimization model. From the aspect of relation between comprehensive transportation hubs and comprehensive transportation system, the paper introduces the analysis concept of promoting the connecting efficiency and realizing transportation integration. The case proves that the model can be easily constructed and clearly solved, and the global optimal solution of the model can be easily obtained. What's more, the model can reflect the interaction mechanism between comprehensive transportation hub and external road networks.

Key words: transportation hub layout; interaction mechanism; general cost; mixed integer planning model